

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

発明の名称

Microscope and Sample Observation Method

顕微鏡及び試料観察方法

発明の背景5 発明の分野

【0001】 本発明は、半導体デバイスなどの試料を観察するために用いられる顕微鏡、及び試料観察方法に関するものである。

関連する背景技術

10 【0002】 半導体検査においては、半導体デバイスを試料として顕微鏡等で観察し、それによって半導体デバイスの故障解析や信頼性評価などを行う方法が用いられる。半導体検査装置としては、エミッション顕微鏡やIR-OBJECT H装置などが知られている（特開平7-190946号公報、特公平7-18806号公報参照）。しかしながら、近年、検査対象となる半導体デバイスの微細化が進んでおり、可視光や赤外光を使用した従来の検査装置では、光学系での回
15 折限界に起因する制限により、微細構造の解析が困難になってきている。

【0003】 このため、このような半導体デバイスの微細構造について解析を行って、半導体デバイス中に形成されたトランジスタや配線などの回路パターンに発生した異常箇所を検出する場合、まず、可視光や赤外光を使用した検査装置によって異常箇所が存在する範囲をある程度まで絞り込む。そして、その絞り込まれた範囲について、より高分解能な電子顕微鏡などの観察装置を用いて観察を行
20 うことで、半導体デバイスでの異常箇所を検出する方法が用いられている。

発明の概要

【0004】 上記したように、光を使用した検査を行った後に電子顕微鏡で高分解能の観察を行う方法では、検査対象となる半導体デバイスの準備、設置が複雑であるなどの理由により、半導体デバイスの検査に大変な手間と時間を要する
25 という問題がある。

【0005】 一方、観察対象の画像を拡大するレンズとして、固浸レンズ（SIL : Solid Immersion Lens）が知られている。SILは、半球形状、またはワイエルストラス球と呼ばれる超半球形状のレンズである。このSILを観察対象の表面に密着させて設置すれば、開口数NA及び倍率をともに拡大することができ、高い空間分解能での観察が可能となる。しかしながら、SILは、大きさが1mm程度と小型のレンズ素子である。このため、半導体デバイスの検査においては、その取り扱いや観察制御の難しさなどにより、SILを用いた検査は実用化されていない。これは、半導体デバイス以外の試料の観察においても同様である。

【0006】 本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、半導体デバイスの微細構造解析などに必要な試料の観察を容易に行うことが可能な顕微鏡、及び試料観察方法を提供することを目的とする。

【0007】 このような目的を達成するために、本発明による顕微鏡は、試料を観察するための顕微鏡であって、（1）試料からの光が入射する対物レンズを含み、試料の画像を導く光学系と、（3）試料から対物レンズへの光軸を含む挿入位置、及び光軸を外れた待機位置の間を移動可能に設けられた固浸レンズと、（4）固浸レンズを挿入位置及び待機位置の間で駆動するとともに、対物レンズに対する固浸レンズの挿入位置を調整する固浸レンズ駆動手段と、（5）固浸レンズからの反射光を含む画像を参照して、固浸レンズの挿入位置の調整を指示する指示手段とを備えることを特徴とする。

【0008】 また、本発明による試料観察方法は、試料を観察する試料観察方法であって、（a）試料の観察画像を、試料からの光が入射する対物レンズを含む光学系を介して取得する第1画像取得ステップと、（b）観察画像から試料での観察箇所を設定する観察設定ステップと、（c）固浸レンズを、試料から対物レンズへの光軸を外れた待機位置から、光軸を含む挿入位置へと移動するレンズ挿入ステップと、（d）固浸レンズからの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照し

て、対物レンズに対する固浸レンズの挿入位置を調整する位置調整ステップと、

(e) 固浸レンズによって拡大された試料の観察画像を、固浸レンズ及び光学系を介して取得する第2画像取得ステップとを備えることを特徴とする。

【0009】 上記した顕微鏡及び試料観察方法においては、観察対象である半
5 導体デバイスなどの試料と対物レンズとの間に固浸レンズがない通常の状態での観察画像、及び固浸レンズを挿入した状態での拡大観察画像の両者を取得可能なように顕微鏡を構成している。そして、固浸レンズを挿入した際に、固浸レンズからの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照することによって固浸レンズの位置を調整することとしている。

10 【0010】 このような構成によれば、試料に対して、固浸レンズを介して高分解能の観察を行うことができる。また、固浸レンズを挿入した状態での観察画像を利用して位置合わせを行うことにより、試料の観察への適用において、固浸レンズを効率良く取り扱うことが可能となる。以上により、試料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能な顕微鏡、及び試料観察方法が実現される。こ
15 こで、顕微鏡においては、試料の画像を導く光学系に対し、試料の画像を取得する画像取得手段を設けても良い。

【0011】 上記した顕微鏡は、半導体デバイスの画像を取得して、その異常箇所を検出する半導体検査装置であって、検査対象となる半導体デバイスの画像
20 を取得する画像取得手段と、半導体デバイスからの光が入射する対物レンズを含み、半導体デバイスの画像を画像取得手段へと導く光学系と、半導体デバイスから対物レンズへの光軸を含む挿入位置、及び光軸を外れた待機位置の間を移動可能に設けられた固浸レンズと、固浸レンズを挿入位置及び待機位置の間で駆動するとともに、対物レンズに対する固浸レンズの挿入位置を調整する固浸レンズ駆動手段と、画像取得手段で取得された固浸レンズからの反射光を含む画像を参照
25 して、固浸レンズの挿入位置の調整を指示する指示手段とを備える半導体検査装置に適用することが可能である。

【0012】 また、上記した試料観察方法は、半導体デバイスの画像を取得して、その異常箇所を検出する半導体検査方法であって、検査対象となる半導体デバイスの観察画像を、半導体デバイスからの光が入射する対物レンズを含む光学系を介して取得する第1画像取得ステップと、観察画像から半導体デバイスでの検査箇所を設定する検査設定ステップと、固浸レンズを、半導体デバイスから対物レンズへの光軸を外れた待機位置から、光軸を含む挿入位置へと移動するレンズ挿入ステップと、固浸レンズからの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照して、対物レンズに対する固浸レンズの挿入位置を調整する位置調整ステップと、固浸レンズによって拡大された半導体デバイスの観察画像を、固浸レンズ及び光学系を介して取得する第2画像取得ステップとを備える半導体検査方法に適用することが可能である。

【0013】 上記した半導体検査装置及び検査方法においては、観察対象である半導体デバイスと対物レンズとの間に固浸レンズがない通常の状態での観察画像、及び固浸レンズを挿入した状態での拡大観察画像の両者を取得可能なように検査装置を構成している。そして、固浸レンズを挿入した際に、固浸レンズからの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照することによって固浸レンズの位置を調整することとしている。

【0014】 このような構成によれば、半導体デバイスに対して、固浸レンズを介して高分解能の観察を行うことができる。また、固浸レンズを挿入した状態での観察画像を利用して位置合わせを行うことにより、半導体デバイスの検査への適用において、固浸レンズを効率良く取り扱うことが可能となる。以上により、微細構造解析などの半導体デバイスの検査を容易に行うことが可能な半導体検査装置、及び検査方法が実現される。

【0015】 ここで、上記した顕微鏡は、指示手段が、固浸レンズからの反射光を含む画像を参照し、反射光像の重心位置が試料での観察箇所に対して一致するように、固浸レンズの挿入位置の調整を指示することが好ましい。同様に、試

料観察方法は、位置調整ステップにおいて、固浸レンズからの反射光を含む画像を参照し、反射光像の重心位置が試料での観察箇所に対して一致するように、固浸レンズの挿入位置を調整することが好ましい。これにより、固浸レンズを挿入した状態での観察画像を利用した位置合わせを確実に行うことができる。なお、

5 試料での観察箇所は、半導体検査装置及び検査方法においては、半導体デバイスでの検査箇所となる。

【0016】 また、顕微鏡は、指示手段が、固浸レンズの挿入位置の調整と合わせて、対物レンズと試料との間の距離の調整を指示することとしても良い。同様に、試料観察方法は、対物レンズと試料との間の距離を調整する距離調整ステップを備えることとしても良い。これにより、対物レンズを含む光学系、及び固浸レンズを介して、半導体デバイスなどの試料の拡大観察画像を良好な画像として取得することができる。

10

図面の簡単な説明

【0017】 図1は、半導体検査装置の一実施形態の構成を模式的に示すブロック図である。

15

【0018】 図2A及び図2Bは、(A)半球形状、及び(B)超半球形状の固浸レンズについて示す図である。

【0019】 図3は、図1に示した半導体検査装置を用いた半導体検査方法を示すフローチャートである。

【0020】 図4は、固浸レンズを挿入した状態で取得される画像を示す写真である。

20

【0021】 図5は、半導体検査装置の他の実施形態を示す構成図である。

【0022】 図6は、図5に示した半導体検査装置を側面から示す構成図である。

【0023】 図7A及び図7Bは、固浸レンズに対して取得される反射光像での反射光パターンの例を示す図である。

25

【0024】 図8A及び図8Bは、固浸レンズに対して取得される反射光像での反射光パターンの例を示す図である。

【0025】 図9A及び図9Bは、固浸レンズに対して取得される反射光像での反射光パターンの例を示す図である。

5 好適な実施形態の説明

【0026】 以下、図面とともに本発明による顕微鏡、及び試料観察方法の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

10 【0027】 まず、本発明による顕微鏡である半導体検査装置の基本的構成について説明する。図1は、本発明による半導体検査装置の一実施形態の構成を模式的に示すブロック図である。本装置は、例えばトランジスタや配線などからなる回路パターンが形成された半導体デバイスSを観察対象（検査対象）の試料とし、半導体デバイスSの画像を取得して、その異常箇所を検出する検査装置である。ここで、本発明による顕微鏡及び試料観察方法は、一般に試料を観察する場合に適用可能であるが、以下においては、主にその適用例である半導体検査装置及び検査方法について説明する。

15 【0028】 本実施形態による半導体検査装置は、半導体デバイスSの観察を行う観察部Aと、観察部Aの各部の動作を制御する制御部Bと、半導体デバイスSの検査に必要な処理や指示等を行う解析部Cとを備えている。また、本検査装置による検査対象、すなわち顕微鏡による観察対象の試料となる半導体デバイスSは、観察部Aに設けられたステージ18上に載置されている。

20 【0029】 観察部Aは、暗箱（図示していない）内に設置された画像取得部1と、光学系2と、固浸レンズ（SIL: Solid Immersion Lens）3とを有している。画像取得部1は、例えば光検出器や撮像装置などからなり、半導体デバイスSの画像を取得する手段である。また、画像取得部1と、ステージ18上に載

置された半導体デバイスSとの間には、半導体デバイスSからの光による画像を画像取得部1へと導く光学系2が設けられている。

【0030】 光学系2には、その半導体デバイスSに対向する所定位置に、半導体デバイスSからの光が入射する対物レンズ20が設けられている。半導体デバイスSから出射、あるいは反射等された光は対物レンズ20へと入射し、この対物レンズ20を含む光学系2を介して画像取得部1に到達する。そして、画像取得部1において、検査に用いられる半導体デバイスSの画像が取得される。

【0031】 画像取得部1と光学系2とは、互いの光軸が一致された状態で、一体に構成されている。また、これらの画像取得部1及び光学系2に対し、XYZステージ15が設置されている。これにより、画像取得部1及び光学系2は、X、Y方向（水平方向）、及びZ方向（垂直方向）のそれぞれで必要に応じて移動させて、半導体デバイスSに対して位置合わせ及び焦点合わせが可能な構成となっている。なお、半導体デバイスSに対する位置合わせ及び焦点合わせについては、半導体デバイスSを載置するステージ18を駆動することによって行っても良い。

【0032】 また、検査対象となる半導体デバイスSに対して、検査部16が設けられている。検査部16は、半導体デバイスSの検査を行う際に、必要に応じて、半導体デバイスSの状態の制御等を行う。検査部16による半導体デバイスSの状態の制御方法は、半導体デバイスSに対して適用する具体的な検査方法によって異なるが、例えば、半導体デバイスSに形成された回路パターンの所定部分に電圧を供給する方法、あるいは、半導体デバイスSに対してプローブ光となるレーザ光を照射する方法などが用いられる。

【0033】 本実施形態においては、この観察部Aには、さらに、SIL3が設置されている。図2A及び図2Bは、固浸レンズ（SIL）の構成及び使用方法の例を示す図である。SIL3は、半球形状、またはワイエルストラス球と呼ばれる超半球形状を有するレンズであり、図2A及び図2Bに示すように、観察

対象である半導体デバイスSの表面に密着して設置される。ここで、S I L 3の半径をR、屈折率をnとする。

【0034】 このようなS I L 3のレンズ形状は、収差がなくなる条件によって決まるものである。半球形状を有するS I Lでは、図2Aに示すように、その球心が焦点となる。このとき、開口率NA及び倍率はともにn倍となる。一方、超半球形状を有するS I Lでは、図2Bに示すように、球心からR/nだけ下方にずれた位置が焦点となる。このとき、開口率NA及び倍率はともにn²倍となる。あるいは、球心と、球心からR/nだけ下方にずれた位置との間の位置を焦点とするなど、半導体デバイスSに対する具体的な観察条件等に応じて、図2A及び図2Bに示した以外の条件でS I L 3を用いても良い。

【0035】 図1に示した半導体検査装置においては、このS I L 3は、画像取得部1及び光学系2と、ステージ18上に載置された半導体デバイスSとに対して移動可能に設置されている。具体的には、S I L 3は、半導体デバイスSから対物レンズ20への光軸を含み、上記したように半導体デバイスSの表面に密着して設置される挿入位置と、光軸を外れた位置（待機位置）との間を移動可能に構成されている。S I L 3は挿入位置では、その平面状もしくは凸面状のレンズ下面が半導体デバイスSに密着するように配置される。このようなS I Lとしては、例えば plano-convex lens、bi-convex lens が知られている（例えば、特開平5-157701号公報、及び米国特許第6594086号公報参照）。

【0036】 また、S I L 3に対し、固浸レンズ駆動部（S I L駆動部）30が設けられている。S I L駆動部30は、S I L 3を駆動して上記した挿入位置及び待機位置の間を移動させる駆動手段である。また、S I L駆動部30は、S I L 3の位置を微小に移動させることにより、光学系2の対物レンズ20に対するS I L 3の挿入位置を調整する。なお、図1においては、対物レンズ20と半導体デバイスSとの間の挿入位置に配置された状態でS I L 3を図示している。

【0037】 半導体デバイスSを検査するための観察等を行う観察部Aに対し

て、制御部B及び解析部Cが設けられている。

【0038】 制御部Bは、観察制御部51と、ステージ制御部52と、SIL制御部53とを有している。観察制御部51は、画像取得部1及び検査部16の動作を制御することによって、観察部Aにおいて行われる半導体デバイスSの観察の実行や観察条件の設定などを制御する。

【0039】 ステージ制御部52は、XYZステージ15の動作を制御することによって、本検査装置における検査箇所となる画像取得部1及び光学系2による半導体デバイスSの観察箇所の設定、あるいはその位置合わせ、焦点合わせ等を制御する。また、SIL制御部53は、SIL駆動部30の動作を制御することによって、挿入位置及び待機位置の間でのSIL3の移動、あるいはSIL3の挿入位置の調整等を制御する。

【0040】 解析部Cは、画像解析部61と、指示部62とを有している。画像解析部61は、画像取得部1によって取得された画像に対して、必要な解析処理等を行う。また、指示部62は、操作者からの入力内容や、画像解析部61による解析内容などを参照し、制御部Bを介して、観察部Aにおける半導体デバイスSの検査の実行に関する必要な指示を行う。

【0041】 特に、本実施形態においては、解析部Cは、観察部AにSIL3及びSIL駆動部30が設置されていることに対応して、SIL3を用いた半導体デバイスSの観察及び検査に関して必要な処理及び指示を行う。

【0042】 すなわち、対物レンズ20と試料である半導体デバイスSとの間にSIL3を挿入する場合、観察部Aにおいて、画像取得部1は、SIL3が挿入位置にある状態でSIL3からの反射光を含む画像を取得する。また、解析部Cにおいて、画像解析部61は、画像取得部1で取得されたSIL3からの反射光を含む画像について、その反射光像の重心位置を求めるなどの所定の解析を行う。そして、指示部62は、画像解析部61で解析されたSIL3からの反射光を含む画像を参照し、SIL制御部53に対して、反射光像の重心位置が半導体

デバイスSでの検査箇所（観察箇所）に対して一致するように、S I L 3の挿入位置の調整を指示する。

【0043】 本発明による試料観察方法である半導体検査方法について説明する。図3は、図1に示した半導体検査装置を用いた半導体検査方法を示すフローチャートである。

【0044】 まず、検査対象である半導体デバイスSに対し、光軸を外れた待機位置にS I L 3を配置した状態で観察を行う。ここでは、画像取得部1により、対物レンズ20を含む光学系2を介して、半導体デバイスSの観察画像である回路パターン上のパターン画像を取得する（ステップS101）。また、検査部16によって半導体デバイスSの状態を所定の状態に制御するとともに、半導体デバイスSの異常箇所を検出するための異常観察画像を取得する（S102、第1画像取得ステップ）。

【0045】 次に、画像取得部1で取得されたパターン画像及び異常観察画像を用いて、半導体デバイスSに異常箇所があるかどうかを調べる。異常箇所がある場合にはその位置を検出するとともに、検出された異常箇所を半導体検査装置による検査箇所として設定する。ここで設定される検査箇所は、顕微鏡を用いた試料観察における観察箇所である（S103、検査設定ステップ、観察設定ステップ）。そして、設定された検査箇所（観察箇所）が画像取得部1によって取得される画像の中央に位置するように、XYZステージ15によって画像取得部1及び光学系2の位置を設定する。

【0046】 続いて、半導体デバイスSの検査箇所に対してS I L 3の設置を行う（S104）。まず、光軸を外れた待機位置にあるS I L 3をS I L 駆動部30によって駆動して、半導体デバイスSから対物レンズ20への光軸を含む挿入位置へとS I L 3を移動する（S105、レンズ挿入ステップ）。

【0047】 半導体デバイスSと対物レンズ20との間にS I L 3を挿入したら、S I L 3の挿入位置の調整を行う（S106、位置調整ステップ）。まず、画

像取得部1により、S I L 3からの反射光を含む画像を取得する。S I L 3の挿入位置の調整は、この画像に含まれる反射光像におけるS I L 3の面頂からの反射光をガイドとして行われる。

【0048】 図4は、半導体デバイスSと対物レンズ20との間にS I L 3を挿入した状態で画像取得部1によって取得される画像を示す写真である。この写真の中央にある明るい部分が、S I L 3の面頂からの反射光に相当する。画像解析部61は、このようなS I L 3からの反射光を含む画像に対し、自動で、または操作者からの指示に基づいて解析を行い、反射光像の重心位置を求める。そして、指示部62は、S I L 制御部53を介しS I L 3及びS I L 駆動部30に対して、画像解析部61で得られた反射光像の重心位置が半導体デバイスSでの検査箇所に対して一致するように、S I L 3の挿入位置の調整を指示する。これにより、S I L 3の半導体デバイスS及び対物レンズ20に対する位置合わせが行われる。

【0049】 さらに、指示部62は、上記したS I L 3の挿入位置の調整と合わせて、ステージ制御部52を介しXYZステージ15に対して、S I L 3が密着して設置されている半導体デバイスSと、光学系2の対物レンズ20との間の距離の調整を指示する（S107、距離調整ステップ）。これにより、S I L 3が挿入された状態における焦点合わせが行われる。そして、画像取得部1は、半導体デバイスS上に配置されたS I L 3、及び対物レンズ20を含む光学系2を介して、半導体デバイスSの拡大された観察画像を取得する（S108、第2画像取得ステップ）。

【0050】 本実施形態による半導体検査装置、及び半導体検査方法の効果について説明する。

【0051】 図1に示した半導体検査装置、及び図3に示した半導体検査方法においては、観察対象である半導体デバイスSと対物レンズ20との間にS I L 3がない通常の状態での観察画像、及びS I L 3を挿入した状態での拡大観察画

像の両者を、画像取得部1によって取得可能な構成を用いている。そして、S I L 3を挿入した際に、S I L 3からの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照することによってS I L 3の位置を調整することとしている。

【0052】 このような構成によれば、試料である半導体デバイスSに対して、S I L 3を介して高分解能の観察を行うことができる。また、S I L 3を挿入した状態での観察画像を利用して位置合わせを行うことにより、半導体デバイスSの検査（試料の観察）への適用において、S I L 3を効率良く取り扱うことが可能となる。以上により、微細構造解析などの半導体デバイスSの検査を容易に行うことが可能な半導体検査装置、及び検査方法が実現される。また、上記のような構成を有する顕微鏡、及び試料観察方法によれば、試料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能となる。

【0053】 S I L 3からの反射光を含む画像を用いてS I L 3の位置合わせを行う場合、具体的には上記したように、S I L 3からの反射光像の重心位置を求め、その重心位置が半導体デバイスSでの検査箇所、すなわち試料での観察箇所に対して一致するようにS I L 3の挿入位置を調整することが好ましい。これにより、S I L 3の位置合わせを確実に行うことができる。あるいは、これ以外の位置合わせ方法を用いても良い。例えば、S I L 3からの反射光像の重心位置が、半導体デバイスSでの検査箇所の重心位置に対して一致するようにS I L 3の挿入位置を調整することとしても良い。

【0054】 また、S I L 3を用いて半導体デバイスSの検査を行う場合、半導体デバイスSの検査箇所を画像取得部1によって取得される画像の中央とすることが好ましい。これにより、半導体デバイスSの観察において対物レンズ20の瞳を有効に用いることができる。すなわち、S I L 3を使用した場合、対物レンズ20の瞳は一部分のみが使用され、画角に応じてその使用位置が変わることとなる。したがって、対物レンズ20の光軸上にS I L 3を配置することにより、光の利用効率が最も高くなる。また、このようなS I L 3の配置では、S I L

3で発生するシェーディングを小さくすることができる。

【0055】 なお、図1に示した半導体検査装置では、半導体デバイスSに対する画像取得部1及び光学系2の位置合わせ及び焦点合わせを行うため、画像取得部1及び光学系2に対してXYZステージ15を設置している。このようなXYZステージについては、半導体デバイスSが載置されているステージ18としてXYZステージを用いても良い。また、角度方向に可動に構成された θ ステージをさらに設置しても良い。

【0056】 図5は、本発明による半導体検査装置の他の実施形態を示す構成図である。また、図6は、図5に示した半導体検査装置を側面から示す構成図である。本実施形態は、図1に示した半導体検査装置について、その具体的な構成を示すものとなっている。なお、図6においては、解析部C等について図示を省略している。

【0057】 本実施形態による半導体検査装置は、観察部Aと、制御部Bと、解析部Cとを備えている。検査対象となる半導体デバイスSは、観察部Aに設けられたステージ18上に載置されている。さらに、本実施形態においては、半導体デバイスSに対して検査に必要な電気信号等を印加するテストフィクスチャ19が設置されている。半導体デバイスSは、例えば、その裏面が対物レンズ20に対面するように配置される。

【0058】 観察部Aは、暗箱（図示していない）内に設置された高感度カメラ10と、レーザスキャン光学系(LSM:Laser Scanning Microscope)ユニット12と、光学系22、24と、XYZステージ15と、SIL3と、SIL駆動部30とを有している。

【0059】 これらのうち、カメラ10及びLSMユニット12は、図1に示した構成における画像取得部1に相当している。また、光学系22、24は、光学系2に相当している。光学系22、24の半導体デバイスS側には、対物レンズ20が設けられている。本実施形態においては、図5及び図6に示すように、

それぞれ異なる倍率を有する複数の対物レンズ20が切り換え可能に設けられている。また、テストフィクスチャ19は、検査部16に相当している。また、LSMユニット12は、画像取得部1としての機能と合わせて、検査部16としての機能も有している。

- 5 【0060】 光学系22は、対物レンズ20を介して入射された半導体デバイスSからの光をカメラ10へと導くカメラ用光学系である。このカメラ用光学系22は、対物レンズ20によって所定の倍率で拡大された画像をカメラ10内部の受光面に結像させるための結像レンズ22aを有している。また、対物レンズ20と結像レンズ22aとの間には、光学系24のビームスプリッタ24aが介在している。高感度カメラ10としては、例えば冷却CCDカメラなどが用いられる。

- 10 【0061】 このような構成において、半導体デバイスSからの光は、対物レンズ20及びカメラ用光学系22を含む光学系を介してカメラ10へと導かれる。そして、カメラ10によって、半導体デバイスSのパターン画像などの画像が取得される。あるいは、半導体デバイスSの発光画像を取得することも可能である。この場合には、テストフィクスチャ19によって電圧を印加した状態で半導体デバイスSから発生した光が、光学系を介してカメラ10へと導かれる。そして、カメラ10によって、異常観察画像として用いられる半導体デバイスSの発光画像が取得される。半導体デバイスSからの発光としては、半導体デバイスの欠陥に基づく異常箇所に起因するものや、半導体デバイス中のトランジスタのスイッチング動作に伴うトランジェント発光などが例として挙げられる。さらに、取得される画像は、デバイスの欠陥に基づく発熱画像であっても良い。

- 15 【0062】 LSMユニット12は、赤外レーザ光を照射するためのレーザ光導入用光ファイバ12aと、光ファイバ12aから照射されたレーザ光を平行光とするコリメータレンズ12bと、レンズ12bによって平行光とされたレーザ光を反射するビームスプリッタ12eと、ビームスプリッタ12eで反射された

レーザ光をXY方向に走査して半導体デバイスS側へと出射するXYスキャナ12fとを有している。

5 【0063】 また、LSMユニット12は、半導体デバイスS側からXYスキャナ12fを介して入射され、ビームスプリッタ12eを透過した光を集光するコンデンサレンズ12dと、コンデンサレンズ12dによって集光された光を検出するための検出用光ファイバ12cとを有している。

10 【0064】 光学系24は、半導体デバイスS及び対物レンズ20と、LSMユニット12のXYスキャナ12fとの間で光を導くLSMユニット用光学系である。LSMユニット用光学系24は、半導体デバイスSから対物レンズ20を介して入射された光の一部を反射するビームスプリッタ24aと、ビームスプリッタ24aで反射された光の光路をLSMユニット12に向かう光路へと変換するミラー24bと、ミラー24bで反射された光を集光するレンズ24cとを有している。

15 【0065】 このような構成において、レーザ光源（図示していない）からレーザ光導入用光ファイバ12aを介して出射された赤外レーザ光は、レンズ12b、ビームスプリッタ12e、XYスキャナ12f、光学系24、及び対物レンズ20を通して半導体デバイスSへと照射され、半導体デバイスS内へと入射する。

20 【0066】 この入射光に対する半導体デバイスSからの反射散乱光は、半導体デバイスSに設けられている回路パターンを反映している。半導体デバイスSからの反射光は、入射光とは逆の光路を通してビームスプリッタ12eへと到達し、ビームスプリッタ12eを透過する。そして、ビームスプリッタ12eを透過した光は、レンズ12dを介して検出用光ファイバ12cへと入射し、検出用光ファイバ12cに接続された光検出器によって検出される。

25 【0067】 検出用光ファイバ12cを介して光検出器で検出される光の強度は、上記したように、半導体デバイスSに設けられている回路パターンを反映し

た強度となっている。したがって、XYスキャナ12fによって赤外レーザ光が半導体デバイスS上をX-Y走査することにより、半導体デバイスS内部の回路パターンなどの画像を鮮明に撮像することができる。

5 【0068】 観察部Aには、さらに、SIL3が設置されている。SIL3は、高感度カメラ10、LSMユニット12、光学系22、24、及び対物レンズ20と、ステージ18上に載置された半導体デバイスSとに対して、上述した挿入位置と待機位置との間を移動可能に構成されている。また、このSIL3に対し、SIL駆動部30が設けられている。SIL駆動部30は、SIL3を支持する支持部31を有するレンズマニピュレータから構成され、SIL3をX、Y
10 方向、及びZ方向に移動させるXYZ駆動機構である。

【0069】 半導体デバイスSを検査するための観察等を行う観察部Aに対して、制御部B及び解析部Cが設けられている。

15 【0070】 制御部Bは、カメラ制御部51aと、LSM制御部51bと、OBIRCH制御部51cと、ステージ制御部52と、SIL制御部53とを有している。これらのうち、ステージ制御部52及びSIL制御部53については、図1に関して上述した通りである。また、カメラ制御部51a、LSM制御部51b、及びOBIRCH制御部51cは、図1に示した構成における観察制御部51に相当している。

20 【0071】 カメラ制御部51a及びLSM制御部51bは、それぞれ高感度カメラ10及びLSMユニット12の動作を制御することによって、観察部Aにおいて行われる半導体デバイスSの画像の取得を制御する。また、OBIRCH制御部51cは、半導体デバイスSの検査に用いられるOBIRCH (Optical Beam Induced Resistance Change) 画像を取得するためのものであり、レーザ光を走査した際に発生する半導体デバイスSでの電流変化を抽出する。

25 【0072】 解析部Cは、画像解析部61と、指示部62とを有し、例えばコンピュータなどによって構成される。カメラ制御部51a、及びLSM制御部5

1 bからの画像情報は、解析部Cのコンピュータに備えられた画像取込ボードを介して入力される。なお、画像解析部6 1及び指示部6 2については、図1に関して上述した通りである。また、解析部Cによって取得または解析された画像、データ等は、必要に応じて、解析部Cに接続された表示装置6 3に表示される。

5 【0073】 図5及び図6に示した半導体検査装置を用いた半導体検査方法について、図3のフローチャートを参照して概略的に説明する。

【0074】 まず、SIL 3が待機位置にある通常の状態、LSMユニット1 2によって半導体デバイスSを走査して、半導体デバイスSのパターン画像を取得する(ステップS 1 0 1)。また、半導体デバイスSでの異常箇所の検出に用いられる異常観察画像を取得する(ステップS 1 0 2)。この異常観察画像としては、OBIRCH制御部5 1 cによって取得されるOBIRCH画像、あるいは、カメラ1 0によって取得される発光画像などが用いられる。これらのパターン画像及び異常観察画像については、必要に応じて、各画像の重ね合わせ、及び表示装置6 3への表示等が行われる。

15 【0075】 次に、取得された画像を用いて半導体デバイスSの異常箇所を調べて、検出された異常箇所を検査箇所とし(S 1 0 3)、検査箇所が画像の中央に位置するようにXYZステージ1 5等を設定する。続いて、半導体デバイスSの検査箇所に対してSIL 3の挿入、位置調整、距離調整を行う(S 1 0 4、S 1 0 5～S 1 0 7)。

20 【0076】 そして、半導体デバイスS上に配置されたSIL 3、及び対物レンズ2 0等を介して、拡大されたパターン画像、OBIRCH画像、発光画像などの画像を取得する(S 1 0 8)。また、必要に応じて、各画像の重ね合わせ、表示装置6 3への表示等を行う。なお、発光画像を取得する際には、SIL 3によって発生する色収差量に合わせてステージ等を適宜移動させ、倍率をソフトウェアで合わせて画像の重ね合わせを行う。

25 【0077】 図4に例を示したSIL 3からの反射光を含む画像について、図

7 A～図 9 Bを参照してさらに具体的に説明する。S I L 3 に対して取得される反射光像については、これらの各図に示すように様々な反射光パターンが考えられる。なお、図 7 A～図 9 Bにおいては、S I L 3 への入射光を実線で、反射光を破線で示している。また、図 7 A及び図 9 Bでは、S I L 3 の球心へと延びる線を点線で図示している。また、S I L 3 に対する入射光及び反射光の光路が重なる場合には、説明のため、それらをずらして図示している。

【0078】 図 7 Aは、S I L 3 の球面状の上面 3 a に垂直入射した光が上面 3 a で反射される反射光パターンを示している。この場合、光を一点に結像するため位置合わせをしやすく、高い精度で位置合わせをすることが可能である。図 7 Bは、S I L 3 の下面 3 b の焦点位置（中心位置）で光が反射される反射光パターンを示している。これは、S I L 3 の下面 3 b を観察している状態である。この場合、シェーディングが大きいために、輝度が最大となる箇所を中心に合わせることで位置合わせができる。

【0079】 図 8 Aは、S I L 3 の上面 3 a の焦点位置（頂点位置）で光が反射される反射光パターンを示している。これは、S I L 3 の上面 3 a を観察している状態である。この場合、シェーディングが大きいために、輝度が最大となる箇所を中心に合わせることで位置合わせができる。図 8 Bは、S I L 3 の平面状の下面 3 b に垂直入射した光が下面 3 b で反射される反射光パターンを示している。この場合、光を一点に結像するため位置合わせをしやすく、高い精度で位置合わせをすることが可能である。

【0080】 図 9 Aは、S I L 3 の下面 3 b、上面 3 a の焦点位置（頂点位置）、下面 3 b で光が反射される反射光パターンを示している。これは、S I L 3 の上面 3 a を裏側から観察している状態である。この場合、シェーディングが大きいために、輝度が最大となる箇所を中心に合わせることで位置合わせができる。図 9 Bは、S I L 3 の下面 3 b を介して上面 3 a に裏側から垂直入射した光が上面 3 a で反射され、下面 3 b を介して出射される反射光パターンを示している。

この場合、光を一点に結像するため位置合わせをしやすく、高い精度で位置合わせをすることが可能である。

【0081】 本発明による顕微鏡、及び試料観察方法は、上記した実施形態及び構成例に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、上記した
5 半導体検査装置では、画像取得部1、光学系2、検査部16等の具体的な構成、及び半導体デバイスSを検査するための具体的な検査方法等については、図5及び図6はその構成の一例を示すものであり、これ以外にも様々な構成及び検査方法を用いることができる。また、半導体デバイスなどの各種のデバイスについて観察のみを行う場合には、検査部16を設けずにデバイス観察装置として構成し
10 ても良い。また、画像取得部1についても、操作者が直接に画像を観察する場合など不要であれば設けなくても良い。

【0082】 また、SILの構成及び使用方法については、図2A及び図2Bでは半導体デバイスSの表面に焦点がある状態で図示したが、裏面観察等の場合には、半導体デバイスSの裏面または内部の所定位置が焦点となるようにSIL
15 が用いられる。

【0083】 また、上記した実施形態では、半導体デバイスを観察対象とした半導体検査装置、及び半導体検査方法について説明したが、本発明は、半導体デバイス以外を試料とする場合にも、試料を観察するために用いられる顕微鏡、及び試料観察方法として適用が可能である。これにより、試料の観察において、試
20 料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能となる。

【0084】 例えば、上記実施形態では、観察対象の試料を半導体デバイスとしているが、一般に半導体デバイスなどの各種のデバイスを試料とする場合には、対象となるデバイスとしては、半導体基板を用いたものに限らず、ポリシリコン薄膜トランジスタなどのように、ガラスやプラスチックなどを基板とする集積
25 回路を観察対象としても良い。例えば液晶デバイスではガラス基板上に、また、有機ELではプラスチック基板上にデバイスが作製される。また、さらに一般的

な試料としては、上記した半導体デバイスや液晶デバイスなどの各種のデバイスの他にも、プレパラートを用いたバイオ関連サンプルなどが挙げられる。

【0085】 本発明による顕微鏡、及び試料観察方法は、以上詳細に説明したように、半導体デバイスの微細構造解析などに必要な試料の観察を容易に行うことが可能な顕微鏡、及び試料観察方法として利用可能である。すなわち、観察対象である半導体デバイスなどの試料と対物レンズとの間に固浸レンズがない状態での観察画像、及び固浸レンズを挿入した状態での拡大観察画像の両者を取得可能なように顕微鏡を構成するとともに、固浸レンズを挿入した際に、固浸レンズからの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照して固浸レンズの位置を調整する構成によれば、試料に対して、固浸レンズを介して高分解能の観察を行うことができる。

【0086】 また、固浸レンズを挿入した状態での観察画像を利用して位置合わせを行うことにより、例えば半導体デバイスの検査など、試料の観察への適用において、固浸レンズを効率良く取り扱うことが可能となる。以上により、試料の微細構造などの観察を容易に行うことが可能な顕微鏡、及び試料観察方法が実現される。また、このような顕微鏡、及び試料観察方法を適用した半導体検査装置、及び検査方法によれば、微細構造解析などの半導体デバイスの検査を容易に行うことが可能な半導体検査装置、及び検査方法が実現される。

請求の範囲

1. 試料を観察するための顕微鏡であって、

前記試料からの光が入射する対物レンズを含み、前記試料の画像を導く光学系と、

5 前記試料から前記対物レンズへの光軸を含む挿入位置、及び前記光軸を外れた待機位置の間を移動可能に設けられた固浸レンズと、

前記固浸レンズを前記挿入位置及び前記待機位置の間で駆動するとともに、前記対物レンズに対する前記固浸レンズの前記挿入位置を調整する固浸レンズ駆動手段と、

10 前記固浸レンズからの反射光を含む画像を参照して、前記固浸レンズの前記挿入位置の調整を指示する指示手段と
を備えることを特徴とする顕微鏡。

2. 前記指示手段は、前記固浸レンズからの反射光を含む画像を参照し、反射光像の重心位置が前記試料での観察箇所に対して一致するように、前記固浸レンズの前記挿入位置の調整を指示することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡。
15

3. 前記指示手段は、前記固浸レンズの前記挿入位置の調整と合わせて、前記対物レンズと前記試料との間の距離の調整を指示することを特徴とする請求項1記載の顕微鏡。

20 4. 試料を観察する試料観察方法であって、
試料の観察画像を、前記試料からの光が入射する対物レンズを含む光学系を介して取得する第1画像取得ステップと、

前記観察画像から前記試料での観察箇所を設定する観察設定ステップと、

固浸レンズを、前記試料から前記対物レンズへの光軸を外れた待機位置から、

25 前記光軸を含む挿入位置へと移動するレンズ挿入ステップと、

前記固浸レンズからの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照して、前記

対物レンズに対する前記固浸レンズの前記挿入位置を調整する位置調整ステップと、

前記固浸レンズによって拡大された前記試料の観察画像を、前記固浸レンズ及び前記光学系を介して取得する第2画像取得ステップと

5 を備えることを特徴とする試料観察方法。

5. 前記位置調整ステップにおいて、前記固浸レンズからの反射光を含む画像を参照し、反射光像の重心位置が前記試料での前記観察箇所に対して一致するように、前記固浸レンズの前記挿入位置を調整することを特徴とする請求項4記載の試料観察方法。

10 6. 前記対物レンズと前記試料との間の距離を調整する距離調整ステップを備えることを特徴とする請求項4記載の試料観察方法。

要約書

観察対象の試料となる半導体デバイスSに対し、半導体デバイスSの観察を行うための画像取得部1と、対物レンズ20を含む光学系2とを設置する。また、半導体デバイスSの画像を拡大するための固浸レンズ(SIL)3を、半導体デバイスSから対物レンズ20への光軸を含み、半導体デバイスSの表面に密着して設置される挿入位置と、光軸を外れた待機位置との間を移動可能に設置する。そして、SIL3を挿入した際にSIL3からの反射光を含む画像を取得し、その画像を参照して、SIL駆動部30によってSIL3の挿入位置を調整する。これにより、半導体デバイスの微細構造解析などに必要な試料の観察を容易に行うことが可能な半導体検査装置(顕微鏡)、及び半導体検査方法(試料観察方法)が実現される。